

УДК 531

УВЕЛИЧЕНИЕ РАЗМЕРОВ КОНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА МОДЕЛИ ВЯЗКО УПРУГОГО ТЕЛА ВНЕ ИССЛЕДУЕМОЙ ОБЛАСТИ

Д.В. Фирстов, Д.В. Бережной

Аннотация

Проведено количественное исследование способа построения "поглощающих граничных условий" на основе вязко упругого тела в задачах динамики механики сплошной среды, позволяющий при моделировании конечного участка бесконечного пространства пропускать упругие волны за границы расчетной области без ложных отражений. Исследованы варианты увеличения ячеек "поглощающего граничного слоя" вне исследуемой области.

Ключевые слова: поглощающий граничный слой, вязко упругое тело, увеличение ячеек, сплошная среда.

1. Введение

В численном моделировании динамических задач механики сплошной среды существует проблема возникновения волн, отраженных от границ изучаемой области. При отсутствии принятых мер борьбы с воздействиями указанных типов волн, результаты моделирования приобретают различного рода артефакты, которые существенно ухудшают их адекватность. Если размеры области определять из принципа "волна, отраженная от границ расчетной области, не должна достигнуть интересующего нас участка ранее завершения основного этапа исследуемого процесса то либо размеры этой области приходится брать достаточно большими, увеличивая время счета, либо ограничивать временной интервал расчета, что не позволяет провести исследование с достаточной полнотой [1].

В предлагаемом подходе к построению "поглощающих граничных условий" область моделирования и область расширения модели представлены вязко упругим телом, без введения дополнительных алгоритмов в расчетную схему [2]. В области расширения параметры, определяющие затухание, плавно увеличиваются от границы области изучения к границе области расширения.

2. Увеличение размеров ячейки.

В работе [3] приведены примеры эффективного использования плавного увеличения коэффициентов затухания на практике. Но с ростом размера исследуемой области или при применении трехмерных моделей эффективность использования предложенного метода снижается. Это обуславливается необходимостью добавления к исследуемой области значительного числа ячеек, необходимого для построения "поглощающих граничных условий". Для уменьшения общего количества ячеек за счет "поглощающих граничных условий" был предложен вариант плавного увеличения размеров ячеек вне границ исследуемой области. На рис. 1 показана разбивка модели на конечные элементы с плавным увеличением размеров.

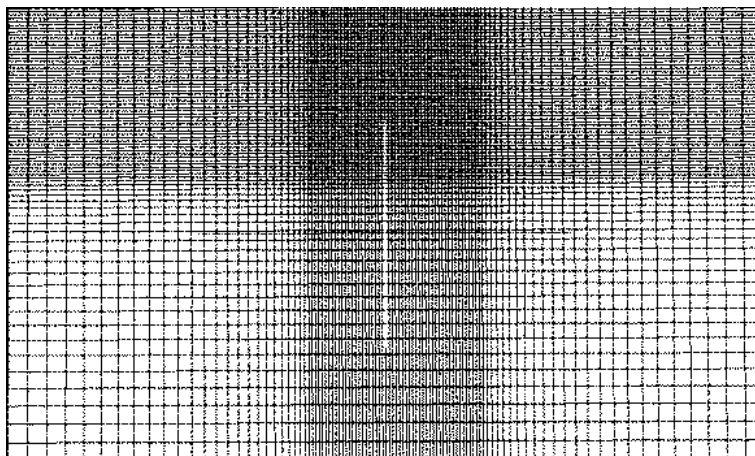


Рис. 1. Разбивка модели на конечные элементы.

Для построения графика эффективности применения увеличения размеров конечных элементов вне исследуемой области, был проведен ряд экспериментов с изменением исходного количества конечных элементов вне исследуемой области. Вследствие необходимости плавного увеличения размеров элементов, размер элемента на границе расчетной области находится в прямой зависимости от выбора исходного количества элементов вне исследуемой области [4]. График эффективности применения плавного увеличения размеров элементов вне исследуемой области в зависимости от выбора их исходного количества показан на рис. 2

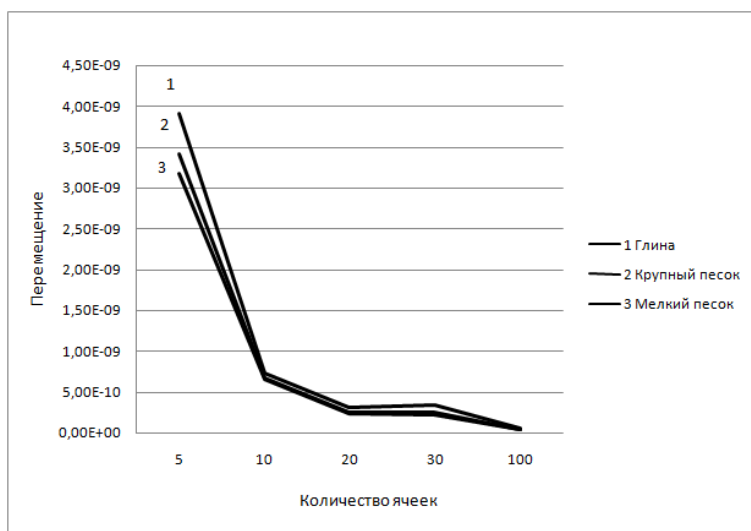


Рис. 2. График эффективности применения плавного увеличения размеров элементов

Предложенный подход не требует введения специальных процедур и функций в используемую численную схему. Требуемая область расширения существенно меньше, чем в классическом случае области расширения без затухания. С помощью программного комплекса проведен ряд численных экспериментов, показавших хорошее совпадение модельных упругих волн при использовании предложенного

подхода. Результат проведенных вычислений приведен в таблице 1.

Материал	5 ячеек	10 ячеек	20 ячеек	30 ячеек	100 ячеек
Глина	86,91	58,87	29,21	24,17	2,32
Крупный песок	86,55	56,83	29,01	23,52	1,96
Мелкий песок	86,34	56,75	28,89	23,46	1,75

Таблица 1. Отражение при заданном количестве ячеек с шагом увеличения 1 метр в процентах.

Проведенное численное моделирование показало эффективность применения плавного увеличения размеров элементов вне исследуемой области. Вследствие необходимости плавного увеличения размеров элементов, размер элемента на границе расчетной области находится в прямой зависимости от выбора исходного количества элементов вне исследуемой области. Использование предлагаемого подхода позволяет уменьшить количество конечных элементов, необходимых для построения поглощающих граничных условий и дает возможность выбирать соотношение общего размера численной модели к погрешности результатов численного расчета.

Summary

D.V. Berezhnoi., D.V. Firstov. INVESTIGATION OF THE EFFECT OF INCREASING ABSORPTION COEFFICIENT AND SIZE OF FINITE ELEMENTS ON THE MODEL OF A VISCOUS ADEQUACY OF THE ELASTIC BODY. A quantitative study of the method of construction "absorbing boundary conditions" on the basis of visco elastic body in the dynamics of continuum mechanics, which allows the simulation at the end portion of infinite space to pass the elastic waves beyond the computational domain without spurious reflections. Investigated options for increasing cell "absorbing boundary condition.". **Key words:** absorbing boundary condition, a viscoelastic body with fading, increase in cell, continuous medium

Литература

1. Голованов А.И., Бережной Д.В. Метод конечных элементов в механике деформируемых твердых тел. – М.: Казань, 2001. – 301 с.
2. Фирстов Д. В., Бережной Д.В., Биряльцев Е. В. Реализация поглощающих граничных условий при решении динамических задач механики сплошной среды мкэ.// Лобачевские чтения. – 2011. – С. 299–301.
3. Фирстов Д. В., Бережной Д.В., Биряльцев Е. В. Один подход к реализации поглощающих граничных условий при численном решении динамических задач механики сплошной среды.// Труды XXIV Международной конференции. – 2011. – С. 128–129.
4. Закиров А.В., Левченко В.Д. ДЭффективный алгоритм для трехмерного моделирования распространения электромагнитных волн в фотонных кристаллах. – 2008. – 20 с.

Бережной Дмитрий Валерьевич – к.ф.-м.н, доцент, КФУ

Фирстов Дмитрий Васильевич – аспирант, КФУ

E-mail: *firstquad@mail.ru*